

## **BAB 2**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Faktor Risiko Gagal Lahan**

Risiko gagal lahan merupakan suatu kondisi dimana nilai faktor K kurang dari satu, yaitu saat kondisi kesetimbangan air (*water balance*) tidak tercapai. Hasil kajian *Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC* (IPCC 2007 dalam Ruminta, 2016), menyimpulkan bahwa perubahan pola curah hujan akan menyebabkan perubahan kesetimbangan air. Kesetimbangan air (*water balance*) dianggap melampaui titik kritis atau dianggap berada dalam ambang bahaya akan defisit air bila ketersediaan air lebih kecil dari 75% kebutuhan air.

Norken et al, (2015), menyebutkan resiko dapat dikenali dari sumber (*source*), kejadian (*event*) dan akibat yang ditimbulkan (*effect*). Risiko gagal lahan atau gagal panen dalam kegiatan irigasi dapat berasal dari berbagai sumber. Risiko gagal lahan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah parameter-parameter yang secara langsung dapat menyebabkan lahan irigasi (sawah) diprediksi tidak akan berproduksi dengan baik karena tidak memenuhi kesetimbangan air secara teknis. kondisi optimum tercapai pada saat terjadi kondisi kesetimbangan air (*water balance*). Pada kondisi optimum tercapai, maka dapat diperoleh luas lahan irigasi optimal yang dapat di iri sehingga dapat pula diketahui luas lahan irigasi yang berisiko gagal. Dengan demikian maka untuk identifikasi faktor-faktor risiko gagal lahan dapat berdasarkan pada faktor-faktor yang berpengaruh dalam pengelolaan kesetimbangan air irigasi. Faktor-faktor tersebut diantaranya ialah ketersediaan air, kebutuhan air irigasi, faktor-k, pola tanam dan juga jadwal tanam.

### 2.1.1 Ketersediaan Air

Limantara (2013) dalam (Retnowati, 2018) menyatakan bahwa ketersediaan air irigasi adalah besarnya debit yang tersedia untuk memenuhi irigasi dengan risiko kegagalan yang telah diperhitungkan, ketersediaan air irigasi dapat juga disebut debit andalan (*dependable discharge*). Ketersediaan air merupakan kondisi aliran/debit yang diharapkan (*expected*) terus menerus tersedia di sungai.

#### 2.1.1.1 Debit Bangkitan

Pembangkitan data debit bertujuan untuk mengetahui nilai di masa yang akan datang dengan cara peramalan (*forecasting*). Metode yang digunakan adalah metode Thomas-Fiering yang membangkitkan debit dari data historis, rata-rata, korelasi, dan standar deviasinya. Mediana dalam (Suprayogi et al., 2013) menyatakan bahwa model Thomas-Fiering berlaku untuk aliran *perennial*, yaitu aliran sungai yang selalu mengalir sepanjang tahun atau dengan kata lain sungai yang debitnya tidak pernah nol. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Q_{i+1j} = \bar{Q}_{j+1} + b_j (Q_i - \bar{Q}_j) + t_i s_{j+1} \sqrt{1 - r_j^2} \quad (2.1)$$

di mana:

$Q_{i+1}$  : debit bangkitan bulan ke-( $i + 1$ )

$Q_i$  : debit bulan ke- $i$

$\bar{Q}_{j+1}$  : debit rata-rata bulanan bulan ke-( $j + 1$ )

$\bar{Q}_j$  : debit rata-rata bulanan bulan ke- $j$

$b_j$  : koefisien regresi untuk menghitung volume aliran bulan ke-( $j + 1$ )  
dari bulan ke- $j$

$s_{j+1}$  : standar deviasi data (aliran) bulan ke-( $j + 1$ )

$s_j$ : standar deviasi data bulan ke- $j$

$t_i$  : bilangan random normal

### 2.1.1.2 Validitas Debit Bangkitan

#### 2.1.1.2.1 Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)

Metode ini menunjukkan seberapa baik *plot* nilai observasi dibandingkan dengan nilai prediksi-simulasi, dengan rentang nilai dari minus tak hingga sampai dengan satu. Hasil NSE atau *Nash-Sutcliffe Efficiency* yang semakin mendekati angka satu, maka semakin baik nilai NSE, artinya data hasil pembangkitan dapat teruji kebenarannya karena mendekati data observasi. Adapun rumus yang digunakan yaitu:

$$\text{NSE} = 1 - \frac{\sum_{t=1}^N (X_t - Y_t)^2}{\sum_{t=1}^N (X_t - \bar{X})^2} \quad (2.2)$$

di mana:

$X_t$  : data observasi (data aktual)

$Y_t$  : hasil simulasi data

$\bar{X}$  : rata-rata data observasi

$N$  : jumlah data

Tabel kriteria nilai dari NSE disajikan untuk validasi hasil bangkitan data dalam Tabel 2.10 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kriteria Nilai *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE)

<b>NSE Value</b>	<b>Interpretation</b>
NSE > 0,75	<i>Good</i>
0,36 < NSE < 0,75	<i>Qualified</i>
NSE < 0,36	<i>Not Qualified</i>

Sumber: Motovilov et al., 1999 dalam Nurdiansyah, 2022

### 2.1.1.2.2 Uji Konsistensi

Konsistensi suatu data debit dalam suatu data runtut waktu perlu diuji kepengangannya. Uji kepengangan atau uji konsistensi ini perlu dilakukan untuk mengetahui kualitas data yang digunakan. Berdasarkan jurnal (Irawan et al., 2020) Beberapa metode yang digunakan untuk uji konsistensi data diantaranya ialah metode kurva massa ganda dan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS). Data debit pada penelitian ini berasal dari satu pos duga air saja, yaitu dari Pos Bendung Cimulu. Oleh karena itu, metode yang akan digunakan adalah metode RAPS. (Litsaniyah, 2018) dalam tugas akhirnya menyatakan metode RAPS melihat konsistensi data dari kumulatif penyimpangannya terhadap rata-rata. Metode RAPS memiliki prosedur pengujian data sebagai berikut:

1. Mengurutkan data debit berdasarkan urutan tahun lalu hitung reratanya
2. Menghitung nilai kumulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata ( $Sk^*$ )

$$Sk^* = \sum_{i=1}^k (Q_i - \bar{Q}), \text{ dengan } k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.3)$$

dengan:

$Sk^*$  : nilai kumulatif penyimpangan terhadap rata-rata

3. Menghitung nilai  $D_y$

$$D_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n}} \quad (2.4)$$

dengan:

$D_y$  : simpangan baku dari data Y

4. Menghitung nilai RAPS ( $Sk^{**}$ )

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{D_y} \quad (2.5)$$

dengan:

$Sk^{**}$ : Rescaled Adjusted Partial Sums

5. Menghitung nilai statistik  $Q$  dan  $R$

$$Q = |Sk^{**}| \text{ maksimum} \quad (2.6)$$

$$R = |Sk^{**}| \text{ maksimum} - |Sk^{**}| \text{ minimum} \quad (2.7)$$

6. Selanjutnya membandingkan nilai  $Q_{hitung}$  dan  $R_{hitung}$  dengan  $Q_{kritis}$  dan  $R_{kritis}$  sebagaimana ditunjukkan oleh tabel berikut:

Tabel 2.2 Nilai Kritis Parameter Statistik  $Q$  dan  $R$

Jumlah Data ( $n$ )	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$			$\frac{R}{\sqrt{n}}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,10	1,22	1,42	1,34	1,43	1,60
30	1,12	1,24	1,46	1,40	1,50	1,70
40	1,13	1,26	1,50	1,42	1,53	1,74
50	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,50	1,62	1,86
>100	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2,00

Sumber: Sri Harto Br, 1993

#### 2.1.1.2.3 Uji Homogenitas

Varian (ragam) dari suatu data deret berkala (*time series*) perlu diuji kestabilannya, karena dengan data yang stabil maka data tersebut homogen dan dapat dilakukan analisis hidrologi lanjutan. Sesuai dengan Prosedur dan Instruksi Kerja Validasi Data Hidrologi, pengujian untuk menguji kehomogenitasan suatu data ialah dengan uji konsistensi varians (Uji-F), uji konsistensi rata-rata (Uji-T) dan uji kesamaan jenis (Uji-Z).

Uji-F merupakan cara untuk mengecek kestabilan varian. Uji F dilakukan dengan membagi data menjadi dua kelompok, lalu hitung rata-rata dan standar deviasi masing-masing kelompok data. Lalu hitung nilai F dengan rumus berikut:

$$F_{\text{hit}} = \frac{\{N_1 \times (S_1^2) \times (N_2 - 1)\}}{\{N_2 \times (S_2^2) \times (N_1 - 1)\}} \quad (2.8)$$

Penerimaan atau penolakan hipotesis dilakukan dengan kriteria sebagai berikut:

1. Bila nilai signifikan  $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$  maka  $H_0$  ditolak, dan  $H_a$  artinya data dalam kondisi varian tidak stabil.
2. Bila nilai signifikan  $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$  maka  $H_0$  diterima, dan  $H_a$  artinya data dalam kondisi varian stabil.

Selanjutnya ialah Uji-T dilakukan untuk mengetahui kestabilan rata-rata dari suatu data deret berkala. Prosedur untuk melakukan uji-T tidak jauh berbeda dengan uji-F yaitu dengan membagi data menjadi dua kelompok, menghitung rata-rata dan standar deviasi masing-masing kelompok lalu menghitung nilai  $\sigma$  dan  $t$  menggunakan rumus berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(N_1 - 1)S_1^2 + (N_2 - 1)S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}} \quad (2.9)$$

$$t_{\text{hitung}} = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sigma \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} \quad (2.10)$$

Penerimaan atau penolakan hipotesis dilakukan dengan kriteria sebagai berikut:

1. Bila nilai signifikan  $t_{\text{hitung}} > t_{\text{tabel}}$  maka  $H_0$  ditolak, dan  $H_a$  artinya data dalam kondisi tidak konsisten.
2. Bila nilai signifikan  $t_{\text{hitung}} < t_{\text{tabel}}$  maka  $H_0$  diterima, dan  $H_a$  artinya data dalam kondisi konsisten.

Selanjutnya ialah uji kesamaan jenis, dilakukan dengan menggunakan metode Mean Whitney (Uji-Z). Langkah awal pekerjaan ialah dengan membagi data menjadi dua lalu data tersebut diurutkan dari data terbesar ke terkecil, selanjutnya memberikan peringkat besaran data dan dilakukan perhitungan nilai  $U_1$ ,  $U_2$  dan nilai  $Z$  menggunakan rumus yang ada pada buku Rekayasa Hidrologi (Limantara, 2018) yaitu sebagai berikut:

$$U_1 = N_1 N_2 + \frac{N_1}{2} (N_1 + 1) - Rm \quad (2.11)$$

$$U_1 = N_1 N_2 - U_2 \quad (2.12)$$

$$Z_{hitung} = \frac{\frac{U - (N_1 N_2)}{2}}{\sqrt{\frac{1}{2} + \{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)\}}} \quad (2.13)$$

Penerimaan atau penolakan hipotesis dilakukan dengan kriteria sebagai berikut:

1. Bila nilai signifikan  $Z_{hitung} > Z_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak, dan  $H_a$  artinya data dalam kondisi tidak konsisten (berasal dari jenis yang berbeda).
2. Bila nilai signifikan  $Z_{hitung} < Z_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima, dan  $H_a$  artinya data dalam kondisi konsisten (berasal dari jenis yang sama).

### 2.1.1.3 Debit Andalan

Debit andalan (*dependable discharge/flow*) dihitung dengan tujuan untuk menentukan debit rencana yang diharapkan selalu tersedia di sungai. Umumnya debit andalan dihitung untuk perencanaan air irigasi. Besaran debit andalan berubah-ubah setiap saat sesuai dengan kondisi musim saat itu. Perhitungan debit andalan dilakukan dengan cara evaluasi ketersediaan air untuk penyusunan rencana

tata tanam. Keandalan dari debit yang dihitung memiliki arti yang berbeda-beda, tergantung keperluan yang dituju dari perhitungan debit andalan.

Beberapa cara yang diketahui untuk menghitung debit andalan sesuai SNI 6738:2015 dan KP-01 Irigasi adalah akibat Weibull untuk penentuan probabilitas debit andalan, FJ Mock, dan NRECA untuk perhitungan debit andalan berdasarkan data curah hujan. Berikut ini merupakan tabel mengenai penentuan debit andalan berdasarkan kebutuhannya:

Tabel 2.3 Debit Andalan Sesuai Kebutuhan

<b>Kebutuhan</b>	<b>Debit Andalan (%)</b>
Air minum	99
Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	85 – 90
Air irigasi:	
1. Daerah beriklim setengah lembab	70 – 85
2. Daerah beriklim kering	80 – 95

Sumber: Limantara, 2010

(Mori, 2003) menyatakan bahwa kondisi debit andalan dapat dibedakan menjadi empat, yaitu:

1. Debit air musim kering, debit yang dilampaui oleh debit-debit selama 355 hari dalam satu tahun (97%)
2. Debit air musim rendah, debit yang dilampaui oleh debit-debit selama 275 hari dalam satu tahun (75%)
3. Debit air musim normal, debit yang dilampaui oleh debit-debit selama 185 hari dalam satu tahun (51%)
4. Debit air cukup, debit yang dilampaui oleh debit-debit selama 95 hari dalam satu tahun (26%).

Metode yang digunakan untuk menghitung debit andalan pada penelitian ini adalah metode *ranking*/probabilitas Weibull sesuai yang tercantum dalam SNI

6738:2015 tentang Perhitungan Debit Andalan Sungai dengan Kurva Durasi Debit.

Berikut rumus untuk metode *ranking* Weibull:

$$P = \frac{m}{(n + 1)} \times 100\% \quad (2.14)$$

di mana:

$P$ : probabilitas (%)

$m$  : nomor urut data debit

$n$ : jumlah data pengamatan debit

## 2.1.2 Kebutuhan Air

### 2.1.2.1 Evapotranspirasi

Menurut (Limantara, 2018) evapotranspirasi adalah gabungan antara proses penguapan air bebas (evaporasi) dan penguapan melalui tanaman (transpirasi). Nilai evapotranspirasi bisa diukur langsung menggunakan alat evapotranspirometer dan lisimeter. Selain pengukuran langsung, nilai evapotranspirasi juga dapat dihitung. Perhitungan evapotranspirasi dapat diperoleh dengan beberapa rumus yaitu, 1) Pan Evaporasi; 2) Penman Modifikasi; 3) Persamaan empiris Thornthwaite; dan 4) Metode Blaney-Criddle.

Sesuai dengan anjuran yang terdapat didalam Kriteria Perencanaan Jaringan Irigasi – 01 yang merujuk pada FAO (*Food Agricultural Organization*) maka pada penelitian ini akan merujuk kepada rumus evapotranspirasi dengan metode Penman Modifikasi karena parameter yang digunakan lebih banyak sehingga menjadi pertimbangan kuat bahwa rumus tersebut akan mendekati kondisi di lapangan. Berikut ini merupakan tabel perbandingan penggunaan parameter pada rumus-rumus untuk menghitung nilai evapotrasnpirasi.

Tabel 2.4 Perbandingan Parameter pada Setiap Rumus ETo

No	Metode	<i>T</i>	<i>RH</i>	<i>n</i>	<i>H</i>	<i>Ra</i>	<i>E</i>
1	Pan Evaporasi						Ada
2	Penman	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	
3	Thornthwaite	Ada					
4	Blaney-Criddle	Ada					

Keterangan:

*T*: temperature (suhu)

*RH* : relative humidity (kelembaban relatif)

*n* : lama penyinaran matahari

*H* : kecepatan angin

*Ra* : radiasi ekstraterrestrial atau nilai angot

*E* : evaporasi

Perhitungan evapotranspirasi dengan metode Penman modifikasi menggunakan rumus-rumus berikut ini:

$$ET_o = c[W.Rn + (1 - W).f(u).(ea - ed)] \quad (2.15)$$

$$ed = ea . RH \quad (2.16)$$

$$f(ed) = 0,34 - 0,44\sqrt{ed} \quad (2.17)$$

$$f(n/N) = 0,1 + 0,9\left(\frac{n}{N}\right) \quad (2.18)$$

$$f(u) = 0,27 + \left(1 + \frac{U_2}{100}\right) \quad (2.19)$$

$$Rn_l = f(T) \times f(ed) \times f(n/N) \quad (2.20)$$

$$R_s = (0,25 + 0,54(n/N)) \times R_a \quad (2.21)$$

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s \quad (2.22)$$

$$Rn = R_{ns} - R_{nl} \quad (2.23)$$

di mana:

- $ET_o$  : evapotranspirasi potensial (mm/hari)
- $c$  : angka koreksi Penman untuk kompensasi efek kondisi cuaca siang dan malam hari
- $W$  : faktor pemberat untuk pengaruh penyinaran matahari pada evapotranspirasi potensial
- $1 - W$  : faktor pemberat untuk pengaruh kecepatan angin dan kelembaban
- $f(u)$  : Fungsi pengaruh angin pada  $ET_o = 0,27 \times (1 + U2/100)$ , di mana  $U2$  merupakan kecepatan angin selama 24 jam dalam km/hari di ketinggian 2 m
- $ea$  : tekanan uap air jenuh pada suhu udara rata-rata (mbar)
- $ed$  : tekanan uap air nyata rata-rata di udara (mbar)
- $u$  : kecepatan angin (km/hari atau m/detik)
- $f(ed)$  : fungsi tekanan uap
- $f(T)$  : fungsi temperatur
- $f(n/N)$  : fungsi kecerahan matahari
- $RH$  : kelembaban udara relatif (%)
- $RnI$  : radiasi bersih gelombang panjang
- $Rs$  : radiasi gelombang pendek
- $Ra$  : radiasi ekstraterrestrial/nilai angot

Perhitungan evapotranspirasi metode Penmann membutuhkan beberapa parameter. Beberapa parameter perhitungan evapotranspirasi diperoleh dengan cara sebagai berikut:

1. Tekanan uap jenuh ( $ea$ ), faktor penimbang ( $W$ ), dan fungsi suhu ( $f(T)$ )

Untuk mencari nilai -nilai diatas, dapat menggunakan tabel berikut:

Tabel 2.5 Hubungan Tekanan Uap Jenuh, Faktor Penimbang, dan Fungsi Temperatur

Temperatur (°C)	$W$	$f(T)$	$ea$ (mbar)
22,00	0,71	15,20	26,40
24,00	0,74	15,40	28,10
25,00	0,75	15,65	29,80
26,00	0,76	15,90	31,70
27,00	0,77	16,10	33,60
28,00	0,78	16,30	35,70
28,60	0,78	16,42	37,80
29,00	0,79	16,50	40,10

Sumber: Nurazizah, 2020 dalam Nurdiansyah, 2022

## 2. Radiasi ekstraterrestrial ( $R_a$ )

Nilai  $R_a$  dapat diperoleh dengan cara interpolasi dari tabel berikut ini:

Tabel 2.6 Nilai Radiasi Ekstraterrestrial Per Bulan Berdasarkan Koordinat Lintang Selatan

Bulan	Koordinat Lintang Selatan (°)			
	4	6	8	10
Januari	15,3	15,5	15,8	16,1
Februari	15,7	15,8	16,0	16,1
Maret	15,7	15,6	15,6	15,5
April	15,1	14,9	14,7	14,4
Mei	14,1	13,8	13,4	13,1
Juni	13,5	13,2	12,8	12,4
Juli	13,7	13,4	13,1	12,7
Agustus	14,5	14,3	14,0	13,7
September	15,2	15,1	15,0	14,9
Oktober	15,5	15,6	15,7	15,8
November	15,3	15,5	15,8	16,0
Desember	15,1	15,4	15,7	16,0

Sumber: Limantara, 2018

## 3. Angka koreksi Penman

Angka koreksi/*adjustment factor* dapat diperoleh dari tabel di bawah ini:

Tabel 2.7 Faktor Koreksi Penman

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
C	1,10	1,10	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,10	1,10

Sumber: Suroso, 2011

#### 4. Koefisien pemantulan/Albedo

Koefisien Albedo diperoleh dari rasio antara radiasi yang dipantulkan suatu permukaan dengan radiasi yang datang dari permukaan (Surmaini et al., 1997). Berdasarkan Kriteria Perencanaan Bagian Perencanaan Jaringan Irigasi 01, Harga evapotranspirasi potensial menunjuk pada tanaman acuan apabila digunakan albedo 0,25 (rerumputan pendek). Koefisien-koefisien tanaman yang dipakai untuk perhitungan pemnggunaan konsumtif tanaman harus didasarkan pada nilai evapotranspirasi potensial dengan koefisien albedo sebesar 0,25.

#### **2.1.2.2 Kebutuhan Air Irigasi**

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evaporasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah (Mori, 2003). Kebutuhan air irigasi secara keseluruhan perlu diketahui karena merupakan salah satu tahap penting yang diperlukan dalam perencanaan dan pengelolaan sistem irigasi. Kebutuhan air sawah untuk padi ditentukan oleh faktor-faktor seperti penyiapan lahan, penggunaan konsumtif, perkolasi dan rembesan, penggantian lapisan air, curah hujan efektif. Kebutuhan air irigasi merupakan komponen penting dalam suatu neraca air irigasi yang nantinya dapat dievaluasi tingkat penggunaannya

Perhitungan kebutuhan air irigasi padi didasarkan pada Kriteria Perencanaan Sistem Irigasi (KP-01) yang mengacu pada ketetapan Pekerjaan Umum tahun 2013 (Pekerjaan Umum, 2013). Perkiraan banyaknya air untuk irigasi didasarkan pada faktor-faktor seperti penyiapan lahan, penggunaan konsumtif, perkolasi dan

rembesan, penggantian lapisan air, serta curah hujan efektif. Rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung kebutuhan air irigasi adalah sebagai berikut:

1. Kebutuhan air selama penyiapan lahan

$$IR = \frac{M e^k}{e^k - 1} \quad (2.24)$$

dengan:

$IR$  : kebutuhan air selama penyiapan lahan (mm/hari)

2. Kebutuhan air bersih di sawah untuk padi

$$NFR = ETc + P + WLR - Re \quad (2.25)$$

dengan:

$NFR$  : *Net Field Water Requirement* (mm/hari)

$ETc$  : evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

$P$  : perkolasi (mm/hari)

$WLR$  : *Water Layer Requirement* (mm/hari)

3. Kebutuhan air bersih di sawah untuk palawija

$$NFR = ETc + P - Re \quad (2.26)$$

4. Kebutuhan bersih air di pintu pengambilan (*intake*)

$$DR = \frac{NFR A}{8,64EI} \quad (2.27)$$

dengan:

$DR$  : kebutuhan air di *intake* (lt/detik/ha)

$A$  : luas lahan (ha)

$EI$  : efisiensi irigasi

### 2.1.2.3 Efisiensi Irigasi

Kriteria Perencanaan (KP) 01 Kementerian PUPR menjelaskan bahwa efisiensi irigasi adalah rasio antara air yang digunakan dengan air yang disadap dan biasanya dinyatakan dalam satuan persen (%). Adapun efisiensi irigasi total merupakan hasil kali efisiensi petak tersier, saluran sekunder, dan saluran primer. Berikut merupakan rumus untuk menghitung efisiensi irigasi:

$$EI = \frac{\text{Jumlah air yang digunakan}}{\text{Jumlah air yang diberikan}} \times 100\% \quad (2.28)$$

Tabel 2.8 Efisiensi Irigasi untuk Tanaman Ladang

Saluran	Efisiensi	Efisiensi Total
Saluran Tersier 0,8	0,80	0,8
Saluran Sekunder 0,9	0,80 x 0,90	0,72
Saluran Primer 0,9	0,80 x 0,90 x 0,90	0,65

Sumber: KP-03 Irigasi, 2013

### 2.1.2.4 Penyiapan Lahan

(KP-01, 2013) menyebutkan bahwa kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya menentukan kebutuhan air irigasi maksimum untuk suatu proyek. Faktor-faktor penting yang menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah:

1. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan penyiapan lahan.
2. Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan.

Masa penyiapan lahan tidak hanya dipengaruhi oleh aspek teknis, unsur sosial budaya yang ada di daerah penanaman memengaruhi pula waktu yang dibutuhkan untuk penyiapan lahan. Kebiasaan yang berlaku di suatu daerah bisa menjadi hal

yang ditetapkan untuk masa penyiapan lahan. Waktu satu setengah bulan dijadikan pedoman untuk menyelesaikan penyiapan lahan di seluruh petak tersier.

(Van de Goor, G. A. W., & Zijlstra, 1968) dalam bukunya “*Irrigation Requirments for Double Cropping of Lowland Rice*” memformulasikan rumus kebutuhan air selama masa penyiapan lahan (*presaturation period*). Angka tersebut berbeda dengan kebutuhan air untuk penyiapan lahan (*presaturation water requirement*). Rumus untuk menghitung kebutuhan air selama persiapan lahan disajikan sebagai berikut:

$$IR = \frac{M e^k}{e^k - 1}$$

$$k = \frac{MT}{S} \tag{2.29}$$

$$M = Eo + P \tag{2.30}$$

Dengan:

- $IR$  : kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari)
- $M$  : kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah jenuh
- $Eo$  : evaporasi air terbuka ( $1,1ETo$ ) selama penyiapan lahan (mm/hari)
- $P$ : perkolasi (mm/hari)
- $T$ : jangka waktu penyiapan lahan (hari)
- $S$ : kebutuhan air untuk penjemuran (mm)
- $e$  : bilangan Euler/natural/Napier (= 2,718...)

Kriteria Perencanaan Irigasi 01 memberikan pedoman untuk besaran kebutuhan air irigasi selama masa penyiapan lahan. Berikut tabel pedoman yang

diberikan selama masa penyiapan lahan tersebut akan ditunjukkan oleh tabel berikut ini:

Tabel 2.9 Kebutuhan Air Irigasi Selama Penyiapan Lahan

$M = E_0 + P$ mm/hari	T = 30 hari		T = 45 hari	
	S = 250 mm	S = 300 mm	S = 250 mm	S = 300 mm
5,0	11,1	12,7	8,4	9,5
5,5	11,4	13,0	8,8	9,8
6,0	11,7	13,3	9,1	10,1
6,5	12,0	13,6	9,4	10,4
7,0	12,3	13,9	9,8	10,8
7,5	12,6	14,2	10,1	11,1
8,0	13,0	14,5	10,5	11,5
8,5	13,3	14,8	10,8	11,8
9,0	13,6	15,2	11,2	12,1
9,5	14,0			
10,0	14,3			
10,5	14,7			
11,0	15,0			

Sumber: KP-01, 2013

#### 2.1.2.5 Penggunaan Air Konsumtif Tanaman

Penggunaan air konsumtif tanaman merupakan besar kebutuhan air yang hilang akibat evapotranspirasi untuk tanaman. Persamaan yang digunakan untuk menghitung penggunaan air konsumtif tanaman adalah:

$$ETc = kc \times ETo \quad (2.31)$$

dengan:

$ETc$  : kebutuhan air tanaman (mm/hari)

$kc$  : koefisien tanaman

$ETo$  : evapotranspirasi (mm/hari)

Pemberian air untuk tanaman bergantung pula dengan varietas yang digunakan untuk ditanam selama masa tanam. Pengaturan pola tata tanam merupakan kegiatan mengatur jenis varietas dan umur pertumbuhan tanaman.

Implikasi dari pengaturan pola tata tanam adalah koefisien tanaman, yang nantinya akan digunakan untuk menghitung kebutuhan air tanaman. Berikut ini merupakan standar koefisien tanaman yang digunakan untuk menghitung penggunaan air konsumtif tanaman:

Tabel 2.10 Koefisien Tanaman Padi

Bulan	Nedeco/Prosida		FAO	
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul
0.5	1.2	1.2	1.1	1.1
1.0	1.2	1.3	1.1	1.1
1.5	1.3	1.3	1.1	1.05
2.0	1.4	1.3	1.1	1.05
2.5	1.4	1.3	1.1	0.95
3.0	1.2	0.0	1.05	0.0
3.5	1.1		0.95	-
4.0	0.0		0.0	-

Sumber: KP 01, 2013

Tabel 2.11 Koefisien Tanaman Palawija

Tanaman	Jangka Tumbuh (hari)	Setengah bulan ke-								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kedelai	85	0,5	0,75	1,0	1,0	0,82	0,45*			
Jagung	80	0,5	0,59	0,96	1,05	1,02	0,95*			
Kacang tanah	130	0,5	0,51	0,66	0,85	0,95	0,95	0,95	0,55	0,55*
Bawang	70	0,5	0,51	0,69	0,90	0,90*				
Buncis	75	0,5	0,64	0,89	0,95	0,88				

Sumber: KP 01, 2013

Keterangan:

\*untuk sisanya kurang dari setengah bulan

### 2.1.2.6 Perkolasi

(Soemarto, 1987) menyatakan bahwa perkolasi adalah gerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh (*unsaturated zone*) ke dalam zona jenuh air (*saturated zone*). Zona tidak jenuh dapat ditinjau dari permukaan tanah sampai permukaan muka air

tanah, sedangkan zona jenuh air ditinjau dari daerah di bawah permukaan air tanah. Adapun laju perkolasi maksimal yang dimungkinkan yang besarnya dipengaruhi oleh kondisi dalam zona tidak jenuh disebut dengan laju perkolasi ( $P_p$ ). Laju perkolasi sangat tergantung pada sifat tanah, data-data mengenai perkolasi akan diperoleh dari penelitian kemampuan tanah.

Pengukuran laju perkolasi dapat dilakukan di sawah secara langsung apabila padi sudah ditanam di area proyek irigasi. Laju perkolasi normal pada tanah lempung sesudah dilakukan penggenangan berkisar antara 1–3 mm/hari. Di daerah-daerah miring perembesan dari sawah ke sawah dapat mengakibatkan banyak kehilangan air. Di daerah-daerah dengan kemiringan diatas 5%, paling tidak akan terjadi kehilangan 5 mm/hari akibat perkolasi dan rembesan (Kementerian Pekerjaan Umum, 2013).

Tabel 2.12 Harga Perkolasi dari Berbagai Jenis Tanah

No	Macam Tanah	Perkolasi (mm/hari)
1	<i>Sandy loam</i> (geluh berpasir)	3 – 6
2	<i>Loam</i> (geluh)	2 – 3
3	<i>Clay</i> (lempung)	1 – 2

Sumber: Soemarto, 1987

#### 2.1.2.7 Penggantian Lapisan Air

(Retnowati, 2018) menyatakan bahwa penggantian lapisan air memiliki hubungan yang kuat dengan tingkat kesuburan tanah. Air yang digenangkan beberapa saat setelah penanaman bersifat kotor, mengandung zat residu, bahkan dapat merusak tanaman apabila dibiarkan. Penggantian lapisan air memiliki tujuan untuk membuang air genangan yang kotor dengan air bersih. Ketentuan untuk penggantian lapisan air diatur dalam KP-01 sebagai berikut:

1. Usahakan untuk membuat jadwal dan mengganti lapisan air sesuai dengan kebutuhan.
2. Jika tidak ada penjadwalan yang dibuat, maka lakukan penggantian lapisan air sebanyak dua kali, masing-masing 50 mm atau dengan kata lain 3,3 mm/hari selama setengah bulan selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

#### **2.1.2.8 Curah Hujan Efektif**

Kebutuhan air irigasi dihitung berdasarkan curah hujan efektifnya. Curah hujan efektif dianalisis dari curah hujan kawasan pada daerah Irigasi Cimulu. Curah hujan kawasan/wilayah merupakan curah hujan yang ditinjau bukan dari satu stasiun hujan, melainkan dari beberapa stasiun hujan yang datanya diolah dengan beberapa metode seperti: 1) Rata-rata aritmatika; 2) Metode Poligon Thiessen; dan 3) Metode Isohyet.

Pertimbangan untuk menggunakan metode-metode perhitungan curah hujan kawasan menurut (Mori, 2003) ditinjau dari luas daerahnya sebagaimana berikut ini:

1. Alat ukur hujan dinilai cukup untuk mewakili curah hujan kawasan pada daerah yang memiliki luas  $\leq 250$  ha dengan variasi topografi yang minimal.
2. Luas daerah 250 s.d. 50.000 ha dengan dua sampai tiga titik stasiun hujan (titik pengamatan) dapat menggunakan rata-rata aritmatika.
3. Daerah dengan luas 120.000 s.d. 500.000 ha yang memiliki sebaran titik pengamatan merata dan data hujan tidak dipengaruhi topografi, dapat

menggunakan rata-rata aritmatika. Apabila titik pengamatan tidak tersebar merata gunakan metode poligon Thiessen.

4. Daerah yang luasnya lebih dari 500.000 ha menggunakan metode isohyet.

Penelitian ini merujuk pada data yang diperoleh dari tiga stasiun hujan dan luas daerah tinjauannya yaitu 1546,2 ha dan 1032,48 ha, maka akan digunakan metode rata-rata aritmatika/aljabar. Rumus untuk menghitung curah hujan kawasan dengan metode rata-rata aritmatika adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (2.32)$$

di mana:

$R$  : curah hujan kawasan (mm)

$n$  : jumlah titik pengamatan/stasiun hujan

$R_1, R_2, R_n$  : curah hujan di setiap titik pengamatan (mm)

Curah hujan efektif atau curah hujan andalan adalah besaran curah hujan yang langsung dimanfaatkan tanaman pada masa pertumbuhannya (Hidayat & Empung, 2016). Secara statistik berdasarkan *Harza Engineering Company*, curah hujan efektif merupakan curah hujan yang nilainya dapat dilampaui sebanyak 80%, singkatnya dari 10 kejadian terlampaui sebanyak delapan kali. Rumus yang digunakan untuk menghitung curah hujan efektif adalah metode *rangking* Weibull. Namun, dapat juga digunakan alternatif lain dengan menggunakan metode *basic year* sebagaimana rumus berikut:

$$R_{80} = \frac{n}{5} + 1 \quad (2.33)$$

$$R_{50} = \frac{n}{2} + 1 \quad (2.34)$$

dengan:

$R_{80}$  : curah hujan yang terjadi dengan tingkat keandalan 80% (mm)

$R_{50}$  : curah hujan yang terjadi dengan tingkat keandalan 50% (mm)

$n$  : jumlah tahun pengamatan

#### 2.1.2.9 Curah Hujan Efektif untuk Padi

Nilai curah hujan efektif untuk tanaman padi diambil sebesar 70% dari curah hujan  $R_{80}$ . Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$R_e = 0,7 R_{80} \quad (2.35)$$

$R_e$  : curah hujan efektif untuk padi (mm)

#### 2.1.2.10 Curah Hujan Efektif untuk Palawija

Tanaman palawija memiliki perhitungan yang cukup berbeda dengan tanaman padi mengingat kebutuhan air untuk tanaman palawija tidak sebanyak padi. Besarnya curah hujan efektif untuk palawija diambil 50% dari nilai  $R_{80}$ . Persamaan untuk curah hujan efektif palawija adalah sebagai berikut:

$$R_e = 0,5 R_{80} \quad (2.36)$$

$R_e$  : curah hujan efektif untuk palawija (mm)

Curah hujan efektif tanaman palawija rata-rata bulanan memiliki kaitan dengan nilai evapotranspirasi ( $ET_o$ ) sesuai yang berada dalam Standar Kriteria Perencanaan Irigasi 01, jadi dapat disimpulkan untuk perhitungan curah hujan efektif tanaman palawija rata-rata bulanan dapat diinterpolasi berdasarkan nilai curah hujan andalan yang diperoleh dengan nilai evapotranspirasinya. Oleh karena itu, perhitungan curah hujan efektif padi sedikit berbeda dengan curah hujan efektif

palawija karena dikaitkan dengan evapotranspirasi yang terjadi pada bulan tersebut.

Berikut ini tabel kaitan curah hujan efektif palawija dengan evapotranspirasi.

Tabel 2.13 Curah Hujan Efektif Tanaman Palawija Rata-rata Bulanan Dikaitkan dengan  $ET_o$  Bulanan Rata-rata dan Curah Hujan Rata-rata Bulanan (USDA SCS, 1969)

CH (mm)	50	62,5	75	87,5	100	112,5	125	137,5	150	162,5	175	187,5	200
$ET_o$													
25													
50	32	39	46										
75	34	41	48	56	62	69							
100	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100			
125	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	120	
150	39	49	57	66	74	81	89	97	104	112	119	127	133
175	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	134	141
200	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	141	150
225	47	57	68	78	87	96	106	115	124	132	141	150	159
250	50	50	72	84	92	102	112	121	132	140	150	158	167

Sumber: KP 01, Lampiran II, 2013

### 2.1.3 Faktor-k

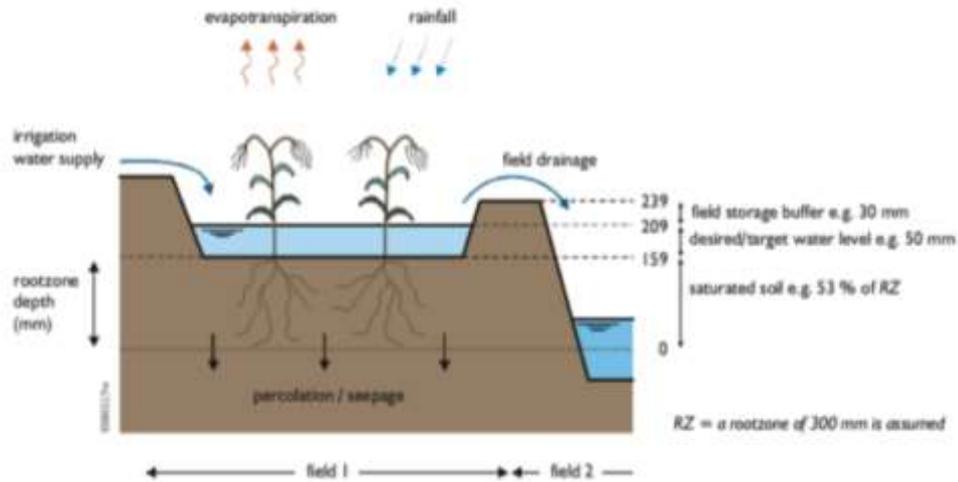
Nilai faktor k dapat di simulasikan dengan simulasi kebutuhan air irigasi karena sesungguhnya nilai faktor k sangat tergantung pada nilai kebutuhan air irigasi sedangkan nilai ketersediaan air lebih bersifat “given”. Secara umum persamaan faktor k di tingkat intake sebagai berikut,

$$\text{Faktor } k = f(Q_{andalan}, Q_{intake}) \quad (2.37)$$

Dengan  $Q_{andalan}$  sebagai debit ketersediaan air dan  $Q_{intake}$  sebagai kebutuhan air irigasi yang diambil di intake dan sudah memperhitungkan efisiensi dan kehilangan air selama dalam pengaliran.

Faktor k ditingkat sawah dapat diturunkan dari persamaan fungsi faktor k tersebut diatas. Dengan demikian maka faktor k adalah rasio antara ketersediaan air

dengan kebutuhan air irigasi pada titik atau daerah yang ditinjau. Berikut penjelasan gambar kesetimbangan air di sawah.



Gambar 2.1 Kesetimbangan Air di Sawah

Sumber : Van der Krogt, 2008 dalam Yekti.,M.I, 2017

Kebutuhan air irigasi adalah kebutuhan air untuk mengganti air yang keluar dari sistem yaitu : evapotranspirasi tanaman ( $ET_c$ ), perkolasi ( $P$ ) dan kebutuhan untuk genangan ( $WLR$ ). Ketersediaan air adalah air yang masuk dalam sistem yaitu : hujan efektif ( $R_e$ ) dan kebutuhan suplesi irigasi ( $NFR$ ) sehingga di tingkat persawahan faktor  $k$  adalah :

$$Faktor\ k = f(ET_c, P, WLR, NFR, R_e) \quad (2.38)$$

#### 2.1.4 Pola dan Jadwal Tanam

Pola dan waktu tanam serta jenis komoditas yang direncanakan merupakan perhitungan kebutuhan air dalam hubungannya dengan estimasi besarnya debit air yang harus dipenuhi untuk keperluan irigasi, ditinjau berdasarkan pola dan waktu tanam serta jenis komoditas yang direncanakan. (Wiryawan, *et al*, 2016). Debit kebutuhan air irigasi sangat erat kaitannya dengan regulasi pola tanam dan jadwal tanam. Dengan demikian maka nilai kebutuhan air dapat dikendalikan dengan pengendalian pola dan jadwal tanam. Jadwal tanam dalam analisis kebutuhan air di

Indonesia terdapat 24 jadwal tanam karena periode analisis kebutuhan air dalam setengah bulanan. Musim tanam dalam setahun ada 3 musim tanam (MT) yaitu MT-1, MT-2, dan MT-3 dengan Pola tanam yang bervariasi. Pola tanam yang umum dalam setahun terdapat 3 pola tanam, yaitu (1) Padi-1 (MT-1), Padi-2 (MT-2) dan Padi-3 (MT-3); (2) Padi-1 (MT-1), Padi-2 (MT-2) dan Palawija (MT-3); (3) Padi-1 (MT-1), Palawija (MT-2) dan Palawija (MT-3). Pola tanam (1) Padi-1 (MT-1), Padi-2 (MT-2) dan Padi-3 (MT-3) tidak dianjurkan karena tidak memberikan lahan irigasi (sawah) untuk “beristirahat” tetapi sering terjadi dan kondisi ini juga dilakukan oleh masyarakat petani di Daerah Irigasi Cimulu.

## 2.2 Proses Optimasi

Optimasi adalah suatu proses untuk mencapai hasil yang ideal atau optimal (nilai efektif yang dapat dicapai). Optimasi dapat diartikan sebagai suatu bentuk mengoptimalkan sesuatu hal yang sudah ada, ataupun merancang dan membuat sesuatu secara optimal. Sebagaimana dikutip dari Buras (1975) dalam Nurdiansyah (2022) Optimasi sebagai suatu sistem dapat dilakukan dengan empat cara, yaitu:

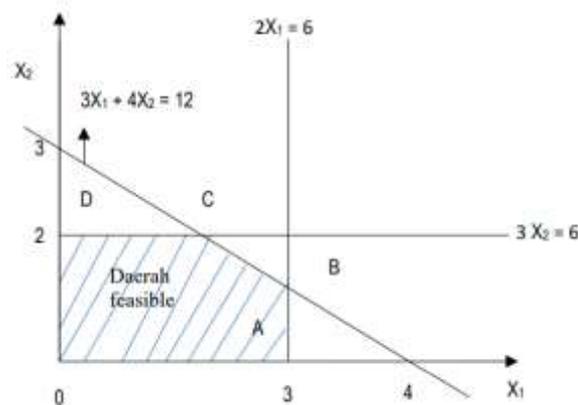
1. Aplikasi terhadap teknik analisis (*Linear Programming, Dynamic Programming, dan lain-lain*)
2. Teknik simulasi
3. Kombinasi teknik analisis dan teknik simulasi
4. Kombinasi *linear programming* dan *dynamic programming*

Metode optimasi yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah berbasis *program linier* yang dimana proses optimasi ini dapat menghasilkan solusi nilai optimum dari suatu masalah (persamaan) yang akan dicari

### 2.2.1 Metode Simpleks

Salah satu teknik penentuan solusi optimal yang digunakan dalam pemrograman linier adalah metode simpleks. Metode simpleks merupakan metode yang umum digunakan untuk menyelesaikan seluruh problem program linier, baik yang melibatkan dua variabel keputusan maupun lebih dari dua variabel keputusan.

Metode simpleks pertama kali diperkenalkan oleh George B. Dantzig pada tahun 1947 dan telah diperbaiki oleh beberapa ahli lain. Metode penyelesaian dari metode simpleks ini melalui perhitungan ulang (*iteration*) dimana langkah-langkah perhitungan yang sama diulang-ulang sebelum solusi optimal diperoleh. Penentuan solusi optimal dilakukan dengan memeriksa titik ekstrim satu per satu dengan cara perhitungan iteratif. Sehingga penentuan solusi optimal dengan simpleks dilakukan tahap demi tahap yang disebut dengan iterasi. Iterasi ke- $i$  hanya tergantung dari iterasi sebelumnya ( $i-1$ ) (Sitopu et al., 2023).



Gambar 2.2 Daerah Penyelesaian Fungsi dengan Program Linier  
Sumber: Susdarwono, 2020

Istilah-istilah yang sering digunakan dalam metode simpleks antara lain adalah:

1. Iterasi, tahapan perhitungan yang nilainya tergantung dari nilai sebelumnya. Sifatnya berulang sampai menemukan nilai tujuan.

2. Variabel non basis adalah variabel yang nilainya diatur menjadi nol pada sembarang iterasi.
3. Variabel basis merupakan variabel yang nilainya bukan nol pada sembarang iterasi.
4. Solusi atau nilai kanan merupakan nilai sumber daya pembatas yang tersedia.
5. Variabel *slack* adalah variabel yang ditambahkan ke dalam model matematik kendala yang mengubah pertidaksamaan berupa kurang dari atau sama dengan ( $\leq$ ) menjadi persamaan (=).
6. Variabel surplus adalah variabel yang dikurangkan dari model matematik kendala untuk mengubah pertidaksamaan lebih dari atau sama dengan ( $\geq$ ) menjadi persamaan (=).

Secara umum, bentuk matematis dari suatu program linier terdiri dari fungsi tujuan yang dapat memaksimumkan atau meminimumkan serta fungsi pembatas yang membatasi sumber daya yang ada untuk mencapai kondisi optimum. Berikut ini merupakan bentuk matematis dari suatu program linier (Syahputra, 2015):

#### 1. Fungsi Tujuan

Maksimumkan/Minimumkan

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n \quad (2.39)$$

#### 2. Fungsi Pembatas/Kendala

$$a_{11}X_{11} + a_{12}X_{12} + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{11}X_{11} + a_{12}X_{12} + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

.....

$$a_{m1}X_{m1} + a_{m2}X_{m2} + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m \quad (2.40)$$

## 2.2.2 Metode Risiko Gagal Lahan

Optimasi air irigasi merupakan suatu komponen yang sangat penting didalam pengelolaan air irigasi. (Hidayat, 2001), selanjutnya dikatakan bahwa optimasi akan dicapai apabila terjadi kesetimbangan air (*water balance*) antara ketersediaan air dan kebutuhan air irigasi. Asep Kurnia Hidayat mengembangkan desain formula optimalisasi manajemen air irigasi dan resmi termasuk kedalam Hak Kekayaan Intelektual pada 16 November 2020. Berikut surat pencatatan yang dirilis oleh Kementerian Hukum dan HAM Republik Indonesia perihal perumusan formula yang dikembangkan disajikan pada Gambar 2.2:

REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

## SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan	: ECD0202049973, 16 November 2020.
<b>Pencipta</b>	
Nama	: Ir. Asep Kurnia Hidayat, MT
Alamat	: Dusun Desa RT 006 RW 003 Desa Handapherang Kecamatan Cijeungjing Kabupaten Ciamis, Ciamis, JAWA BARAT, 46271
Kewarganegaraan	: Indonesia
<b>Pemegang Hak Cipta</b>	
Nama	: Ir. Asep Kurnia Hidayat, MT
Alamat	: Dusun Desa RT 006 RW 003 Desa Handapherang Kecamatan Cijeungjing Kabupaten Ciamis, Ciamis, JAWA BARAT, 46271
Kewarganegaraan	: Indonesia
Jenis Ciptaan	: Karya Ilmiah
Judul Ciptaan	: <b>DESAIN FORMULA OPTIMASI MANAJEMEN AIR IRIGASI</b>
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia	: 16 November 2020, di Tasikmalaya
Jangka waktu perlindungan	: Bertaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.
Nomor pencatatan	: 000218776

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.  
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL



Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.  
NIP. 196611181994031001

Gambar 2.3 Bukti Desain Formula yang Diakui Pemerintah

Sumber: repositori.unsil.ac.id

Hal yang dikembangkan dalam formula tersebut adalah pengoptimalan dengan mempertimbangkan risiko gagal lahan sebagai kondisi pembatas agar seorang perancang kebijakan irigasi memperhitungkan tata kelola tanam irigasi dengan risiko yang tersedia. Rumus-rumus yang dikembangkan adalah sebagai berikut:

$$DR = \text{Kebutuhan Air} \times \text{Faktor } k_{rata-rata} \quad (2.41)$$

$$R = \frac{\text{Jumlah sukses pemberian air}}{\text{Jumlah periode tanam pengamatan}} \quad (2.42)$$

$$WFR = 1 - Re \quad (2.43)$$

$$\% \Phi = \frac{DR - Q\%}{DR} \times 100\% \quad (2.44)$$

$$\Phi = \frac{\% \Phi}{\% \Phi_{maks}} \quad (2.45)$$

$$RgL_{ijT} = \Phi \cdot WFR \left[ 1 - (R)^{\frac{DR}{Q\%}} \right] \cdot A \cdot P \quad (2.46)$$

di mana,

$DR$  : kebutuhan air di pintu pengambilang dengan pengaruh faktor k

$R$  : reliabilitas

$WFR$  : risiko gagal pemberian air

$\% \Phi$  : persentase indeks risiko gagal pemberian air

$\Phi$  : indeks risiko gagal pemberian air

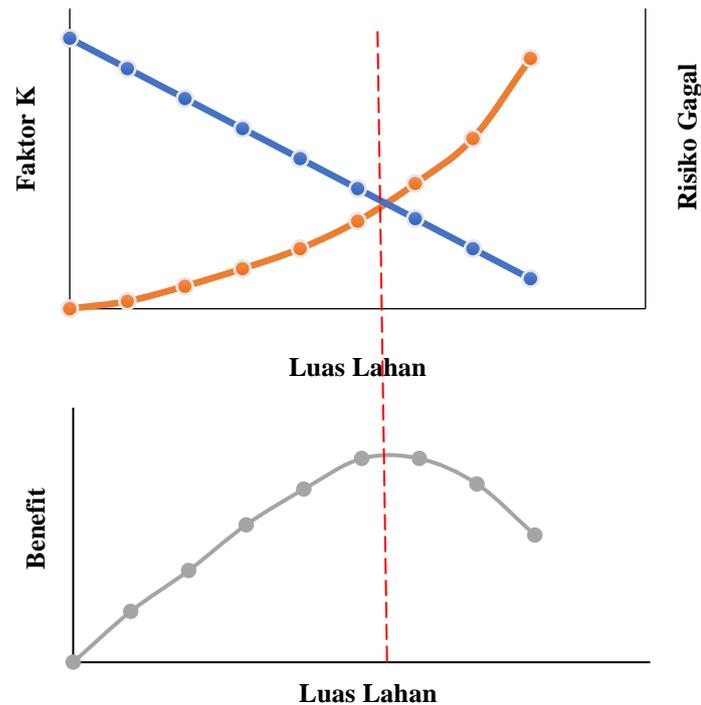
$RgL_{ijT}$  : biaya risiko gagal lahan (Rp)

$A$  : luas lahan (ha)

$P$  : keuntungan hasil pertanian per ha (Rp/ha)

Kajian ini didekati dengan bantuan dua diagram grafik, diagram pertama adalah grafik hubungan antara luas lahan dengan faktor k dan risiko gagal lahan,

dan diagram kedua adalah grafik hubungan antara luas lahan dan net benefit. Secara skematis model optimasi yang ingin dihasilkan adalah sebagai berikut:



Gambar 2.4 Kondisi Optimal yang Diharapkan (*Expected Condition*)

Sumber: Hidayat dalam Nurdiansyah, 2022

### 2.3 Gagal Lahan

Gagal lahan adalah kondisi dimana luas areal tanaman tidak bisa dipanen karena tanaman tidak sesuai dengan standard yang diharapkan, dapat pula diasumsikan sebagai gagal panen. Hitungan gagal lahan dari gagal panen adalah dengan cara konversi hasil produksi yang diharapkan (kondisi produksi harapan) ke hasil produksi eksisting, misalnya harapan produksi hasil gabah per hektar adalah 4,30 ton/ha/musim tetapi hasil produksi eksisting hanya 4,0 ton/ha/musim maka dapat kita asumsikan ada gagal lahan sebesar  $0,30/4,30 \times 1$  ha yaitu sebesar 0,07 ton.(Hidayat, 2001).

Pada analisis perhitungan menggunakan metode simpleks, yang dikatakan sebagai lahan yang gagal ialah lahan yang tidak ditanami. Pada analisis menggunakan metode simpleks sendiri akan menghasilkan sebuah luas lahan optimum yang dapat ditanami berdasarkan hasil simulasi. Maka rumus dari gagal lahan pada metode simpleks ialah sebagai berikut:

$$\text{Gagal Lahan} = \text{Luas Potensial} - \text{Luas Optimum} \quad (2.47)$$

#### **2.4 Pola dan Jadwal Tanam Optimum**

Jadwal tanam dapat di simulasi sebanyak 24 jadwal sesuai dengan periode setengah bulanan. Salah satu jadwal tanam akan menentukan luas daerah irigasi dengan hasil maksimum. Jadwal tanam dan luas daerah irigasi dimaksud dinamakan optimasi daerah irigasi yang berarti kondisi gagal lahannya minimum. Salah satu tujuan yang akan dihasilkan dalam analisis ini adalah menentukan jadwal tanam yang dapat menentukan luas lahan optimum daerah irigasi dan luas gagal lahan minimum.

Pola tanam dan jadwal tanam akan menentukan kebutuhan air irigasi. Padi pada musim tanam setelah penanaman palawija akan membutuhkan kebutuhan air untuk pengolahan tanah yang lebih besar dari pada padi yang ditanam setelah penanaman padi sebelumnya. Jadwal tanam juga akan mempengaruhi evapotranspirasi tanaman padi. Seperti dikatakan Suciantini, *et al* (2017): Mundurnya awal musim penghujan akan menggeser pola dan rotasi tanaman yang menyebabkan risiko pertanian kedua terkena kekeringan meningkat. Dikatakan pola dan jadwal tanam optimum berarti akan menghasilkan luas lahan optimum daerah irigasi dan luas gagal lahan minimum. Dengan didapkatkannya luas optimum maka petani akan mendapatkan keuntungan yang maksimum pula.